UEBER DAS GEGENSEITIGE VERHÄLTNISS EINIGER ZUR DYNAMISCHEN ERKLÄRUNG DER GRAVITATION AUFGESTELLTEN HYPOTHESEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT VON

S. TOLVER PRESTON.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

LEIPZIG,

JOHANN AMBROSIUS BARTH (ARTHUR MEINER).

1894.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Einleitung.

Die Methoden, die Naturerscheinungen zu erklären, sind zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden gewesen. Die alten Philosophen hatten überhaupt von dem, was wir heute eine mechanische Naturerklärung nennen, kaum einen Begriff; sie dachten sich vielmehr die in der Natur wirkenden Agenzien unter dem Bilde belebter Wesen. Dies gilt auch noch von Kepler, welcher der Idee einer mechanischen Erklärung der von ihm entdeckten Gesetze vollkommen fern stand. Auf Grundlage der Forschungen Galiläi's wurde Newton der Begründer der heutigen Mechanik; und er ist es, auf dessen Principien das Gebäude der Fernwirkungstheorie begründet ist. Bis Newton war der Begriff einer direkten Wirkung in die Ferne vollständig unbekannt, wogegen sich bei den griechischen Philosophen verschiedene Versuche vorfinden, die scheinbare Fernwirkung durch Vermittelung eines Mediums zu erklären; so sucht Demokritos die Naturerscheinungen durch die Bewegungen feiner Körperchen darzustellen. Erst auf Grund der von Newton aufgestellten Basis bildeten Boscovich, Mosotti, Wilhelm Weber und viele Andere die Naturanschauung aus, nach welcher das Universum aus einer, wenn auch sehr grossen Anzahl materieller Punkte besteht, welche ohne jede Vermittelung, nach einem mathematisch genau formulirten Gesetze, direkt in die Ferne aufeinander wirkten. Sind die Anfangspositionen und Geschwindigkeiten aller Atome gegeben, so kann nach den von Newton aufgestellten Gleichungen deren Bewegungen für alle Zeiten berechnet werden, und man hat so ein mathematisch vollkommen klar definirtes Problem vor sich.

Es ist wohl zu bemerken, dass Newton an eine derartige unvermittelnde Fernwirkung nicht glaubte, wie aus seinem dritten Brief an Bentley hervorgeht, wo Newton sagt:

„Dass die Gravitation etwas Inhärentes und für die Materie etwas Wesentliches sein sollte, derart, dass ein Körper auf einen Entfernten durch ein *Vacuum* wirken könnte, ohne dass die Vermittelung von irgend etwas Anderem, wodurch ihre Wirkung und Kraft von einem zum anderen übertragen wird, nöthig wäre, scheint mir so widersinnig zu sein, dass ich glauben möchte, dass ein Mann vertraut mit der Philosophie, nicht hierdurch irregeleitet werden kann." (Newton's dritter Brief an Bentley, 25. Feb. 1692.)

In demselben Sinne sprechen sich viele spätere bedeutende Physiker aus. So sagt Graf Rumford:

„Kein Mensch hat sich gewiss bei gesundem Verstand angemessen, den Mechanismus der Gravitation zu verstehen; jedoch was für erhabene Entdeckungen war unser unsterblicher Newton zu machen fähig, bloss durch die Erforschung der Gesetze der Wirkung der Gravitation." (*Eine Forschung nach dem Ursprunge der durch Reibung gebildeten Wärme*, von Count Rumford. *Philosophical Transactions* 1798).

Diese letzteren Gelehrten sind daher mit der Boscovich-Mosotti'schen Naturerklärung nicht zufrieden; sie fordern vielmehr noch eine Erklärung der scheinbaren Fernwirkung durch Vermittelung eines Mediums. Eine solche zu geben wurde von Newton selbst niemals versucht; der erste derartige Versuch liegt vor in der mechanischen Gravitationstheorie von Le Sage, welcher 1724 zu Genf geboren wurde. Dieselbe findet sich in einem Memoir, welches in den Sitzungsberichten der Königlichen Akademie zu Berlin vom Jahre 1782 niedergelegt war, und zwar unter dem Titel *„Lucrèce Newtonien"*. Auch ist ein Buch *Deux Traités de Physique Mecanique"* von Pierre Prévost, Paris 1818, herausgegeben, welches eine volle Beschreibung der Le Sage'schen Theorie enthält.

Le Sage betont die Wahrscheinlichkeit der Existenz eines Mechanismus der Gravitation, und widmet der Construction eines derartigen Mechanismus sein Leben. Der einleitende Paragraph von Le Sage's Memoir *„But de ce Mémoire"* (publicirt unter dem Titel *„Lucrèce Newtonien"* lautet wie folgt:

„Ich stelle mir die Aufgabe, Folgendes auseinander zu setzen. Wenn die ersten Epikuraner, welche nicht auf ihre Zeitgenossen hören wollten, vernünftige Ideen über die Cosmographie gehegt hätten wie diese, und hätten sie ebenfalls die Kenntnisse in der Geometrie besessen, welche dazumal allgemein waren, so würden sie wahrscheinlich die Gesetze[1] der allgemeinen Gravitation und ihre mechanische Ursache entdeckt haben. *Gesetze,* deren Entdeckung und Nachweisung dem grössten Genie, welches je existirte, Ehre machen; und die *Ursache,* nachdem sie schon lange den Ehrgeiz der grössten Physiker angespornt hat, bildet die Verzweiflung der jetzigen Gelehrten.

Derart, dass z. B. die berühmten vor etwas mehr als 200 Jahren entdeckten Kepler'schen Gesetze, welche theils auf Muthmassungen, theils auf ungeheurem Umhertasten beruhten, nur besondere und unvermeidliche Folgerungen gewesen wären, welche diese alten Philosophen ziehen konnten. Eine Folgerung, welche sich auch anwenden lässt auf die Galiläi'schen Gesetze über den Fall der Körper, deren Entdeckung erst später gemacht und stark bestritten wurde, weil die Versuche, auf welchen diese Entdeckung beruhte, in ihren Resultaten eine Lücke liessen, welche sie ebenfalls mit mehreren Hypothesen gleichstellen würden. Man verfehlte also nicht, diese Folgerung zu bestreiten, und ohne Zweifel wären die Folgen des Atompralls zu Gunsten des allein wahren Princips der gleichmässigen Beschleunigungen in gleichen Zeitintervallen ausgefallen.“ (*Lucrèce*[2] *Newtonien.*)

Ueber diesen Paragraph hat Thomson die folgende Meinung.

„Wenn Le Sage das dritte Gesetz von Kepler ausgeschlossen hätte, so muss man zugeben, dass seine im obigen Paragraph veranschaulichte Darstellung durch die Vernunftschlüsse seines Memoirs gerechtfertigt sein würde. Die

---

[1] Le Sage meint wahrscheinlich auch: Man hätte die Gravitationsgesetze durch eine Analyse der Bewegungen der kleinen Massen (Atome) ebenso gut entdecken können, als durch die Analyse der Bewegungen der grossen Massen (Planeten etc.), und hätte man obendrein hieraus selbst die Ursache der Gravitation entdeckt.

[2] Sitzungsberichte der K. Akad. zu Berlin 1782.

epikurische Annahme von der Parallelität (der Atompfade) — welche angenommen wurde, um die falsche Idee über die Flachheit der Erde beweisen zu wollen, — hat vor Newton der Entdeckung des Gesetzes über das umgekehrte Verhältniss des Quadrats der Entfernung Schwierigkeiten verursacht. Im übrigen wären die Mathematiker jener Zeit völlig im Stande gewesen, zur Proportionalität mit dem reciproken Quadrat der Entfernung zu gelangen, vorausgesetzt, dass die Hypothese von den Atomen, welche sich in allen Richtungen durch den Raum bewegen und selten mit einander in Collision gerathen, ihnen als Aufgabe gestellt wäre, verbunden mit dem Problem, die Kraft zu bestimmen, mit welcher die Stösse zwei sphärische Körper zusammentreiben würden, gerade wie sich einige Zeitgenossen der Philosophen die Erde und den Mond vorstellten, was die Epikuraner „nicht glauben wollten". Aber nichts anderes als die direkte Beobachtung, welche Kepler's drittes Gesetz beweist, der Galiläi'sche Versuch über den Fall von Körpern von dem Thurm von Pisa, Boyle's *Guinea and feather* Versuch (im Vacuum) und Newton's Versuch über die Schwingungen der Pendel aus verschiedenen Substanzen, könnten die Idee darüber geben, dass die Gravitation der *Masse* proportional ist, oder beweisen, dass dieses bis zu einem hohen Grade der Genauigkeit, sowohl für grosse als für kleine Körper und für solche, deren Substanz verschieden ist, zutrifft."

Die Theorie von Le Sage.

Le Sage gründete seine Theorie auf vollkommen willkürliche Voraussetzungen. Er nahm z. B. an (*Deux Traités de Physique mécanique*, Paris 1818, editeur Pierre Prevost):

1. Dass eine Anzahl von gleichmässig im Raume distribuirten Atomströme existiren, wovon jeder Strom beständig in einer Richtung sich bewege.

2. Die Länge von diesen Strömen, deren Centrum das uns bekannte Universum bilde, ist endlich, aber sehr gross; folglich muss die Gravitation von einer entsprechend begrenzten Dauer sein.

3. Dass die Ströme überall gleich dicht seien.

4. Dass die mittlere Geschwindigkeit der Ströme überall gleich sei.

Obige Bedingungen beruhen offenbar auf ganz willkürlichen Annahmen, und man sieht schwer ein, durch welchen Mechanismus derartige Atomströme entstehen und unterhalten werden könnten. Bezüglich des Verhaltens dieser Atomströme gegen die grobe Materie nimmt Le Sage Folgendes an. Die grobe Materie wird von den Atomströmen grösstentheils frei durchdrungen, nur ein kleiner Theil der lebendigen Kraft derselben wird in der groben Materie absorbirt, was eine stetige Vernichtung lebendiger Kraft bedeutet. Daher kommt es, dass jeder Theil grober Materie auf jeden anderen in der Nähe befindlichen eine gewisse Schirmwirkung gegen die Stösse der Atomströme ausübt, und hieraus erklärt sich leicht die scheinbare Anziehung der groben Materie nach dem Newton'schen Gravitationsgesetze.

Lord Kelvin geht genau von denselben Atomströmen aus wie Le Sage; der Mechanismus, welcher diese Atomströme hervorbringt (unterhält), bleibt daher bei ihm ebenso dunkel wie bei Le Sage. Ein wesentlicher Fortschritt bei Lord Kelvin besteht aber darin, dass er die Atome als elastisch betrachtet. Die Aetheratome prallen daher an die grobe Materie nach den Gesetzen des elastischen Stosses zurück: anstatt der von Le Sage angenommenen Absorption (resp. Vernichtung) der lebendigen Kraft, setzt Lord Kelvin voraus, dass die Aetheratome ausser ihrer progressiven lebendigen Kraft, auch noch eine lebendige Kraft innerer Bewegung besitzen, ähnlich wie es Clausius für die Moleküle der gewöhnlichen Gase annimmt.

Wegen der verhältnissmässig sehr grossen Dimensionen resp. Steifheit und *inertia*) des groben Moleküls wird dasselbe durch den Stoss des sehr kleinen Atoms kaum erschüttert. Dagegen wird das kleine Atom durch den Anprall heftig in Erschütterung, resp. in starke Vibration und Rotation versetzt. Diese Vibration oder Rotation (genannt „innere Bewegung") des Atoms kann aber selbstverständlich nicht aus Nichts erzeugt werden. Deshalb verliert das kleine Atom beim Stosse einen Theil seiner translatorischen Bewegung, durch Umwandlung derselben in innere Bewegung (Vibrationen und Rota-

tionen). Die Verminderung der translatorischen Bewegung der kleinen Gravitationsatome bei ihrem Anpralle auf die groben Moleküle ist deshalb eher als eine nothwendige Schlussfolgerung als eine Hypothese anzusehen. Man könnte sogar diese Thatsache sehr leicht experimentell illustriren.

Wenn man ein elementarisches Beispiel entschuldigen wollte, könnte man den Fall betrachten, wobei irgend ein kleiner elastischer Körper (z. B. ein Schlüsselring) gegen die Oberfläche eines Ambosses hingeworfen wird. Ein Schlüsselring und ein Amboss (von demselben Metall) mögen wohl gleich elastisch sein, aber wegen der beträchtlichen Verschiedenheit der Dimensionen — resp. Biegsamkeit — wird nur der kleine Ring in innere Bewegung (Vibration etc.) durch den Stoss versetzt. Der Ring springt mit einer Verminderung seiner translatorischen Bewegung zurück, wegen Umwandlung [1] derselben in Vibrationsbewegungen etc.

Das Atom gewinnt seine volle translatorische Bewegung allmählich wieder durch Stösse gegen gleiche Aetheratome; indem das Verhältniss zwischen translatorischer und innerer Bewegung des Atomes sich constant zu erhalten strebt; was eine bekannte durch Clausius bewiesene Consequenz der kinetischen Theorie ist.

Dadurch erklärt es sich, dass die Aetheratome bei ihrem Abprall von der groben Materie durchschnittlich eine kleinere Geschwindigkeit progressiver Bewegung annehmen, als sie zuvor besassen, und dass daher grobe Materie auf andere in der Nähe befindliche ebenfalls eine Schirmwirkung gegen die Stösse der Aetheratome ausübt.

Das Durchschwirren der beiden Massen durch die fliegenden Atome bedingt dann, dass an den inneren Seiten von je zwei Massen der Druck des Mediums kleiner ist, als an den nach auswärts gerichteten Seiten der Molekularflächen der Massen. Letztere werden mit der vollen ungeschwächten translatorischen Geschwindigkeit der Atome getroffen. So werden

[1] Auch bei zwei vollkommen elastischen *gleichen* Molekülen von verschiedener lockerer Structur könnte die elastische Biegsamkeit des einen Moleküls die des anderen weit übertreffen; somit wäre das weniger steife Molekül leicht in Vibrationen durch den Stoss gesetzt, während das andere dieser Wirkung fast entgehen könnte.

die zwei Massen natürlich zusammengetrieben, und mit solcher Kraft, welche augenfällig umgekehrt dem Quadrate der Entfernung der Massen proportional sein muss. Die weitere Erklärung der Gravitationswirkung ist dann natürlich genau wie bei Le Sage.

Der Verfasser versuchte in einigen Abhandlungen, von denen die erste im September 1877 im *Philosophical Magazine* erschienen ist, an Stelle der von Le Sage und Lord Kelvin willkürlich angenommenen Atomströme eine Bewegung zu setzen, welche genau analog ist mit der von der kinetischen Gastheorie angenommenen.

Dadurch findet die dunkelste Annahme der Le Sage'schen Theorie eine ungezwungene Erklärung, nämlich wie die symmetrische Bewegung der Atome unter dem beständigen Wechsel ihrer Richtungen, welchen die Collisionen mit der groben Materie verursachen, *fortgesetzt* wird.

Nun ist es schon bei gewöhnlichen Gasen mathematisch nachgewiesen worden, dass eine automatische Correctur in einem System von Körpern oder Partikel in freiem Stosse existirt, und zwar eine solche, dass die Partikeln sich *gleichmässig* in allen Richtungen zu bewegen gezwungen sind: und ist dieses die absolut nothwendige Bedingung für das Gleichgewicht des Druckes nach allen Richtungen. Die Geschwindigkeit des Vorganges dieser mathematischen Correctur, welche hauptsächlich durch die schiefen Stösse bedingt wird, ist sogar durch Prof. Dr. Ludwig Boltzmann für gewöhnliche Gase mathematisch berechnet worden. Diese Correctur ist nämlich derart stabil, dass wenn die Bewegung der Gastheilchen künstlich gestört würde, die Partikel, sobald die Störung aufhört, die *gleichmässige* Bewegung sofort wieder von selbst herstellen würden und zwar so, dass eine gleiche Anzahl von Partikel in je zwei entgegengesetzten Richtungen fortläuft. Die Bewegung kann auch derartig beschrieben werden, dass wenn wir uns einen kleinen Punkt irgendwo im Raume vorstellen würden, die Atome von diesem Punkte in jedem Momente ab, und zu ihm hinströmen, gerade als ob er ein Leuchtpunkt wäre.

Es folgt hieraus, dass wenn ein System von Atomen sich überlassen wird, es nach den festen Principien der Dynamik

seine Bewegungen so von selbst richten wird, dass diese Bewegung geeignet ist die Gravitationseffecte hervorzubringen. Die gleichmässige Bewegung der Atomströme in allen Winkeln, welche Le Sage als arbitrarisches Postulat darstellte, ist erreichbar in einem Gase ohne Postulat. Anstatt Ströme, welche jeder für sich nach einer bestimmten Richtung beständig fliessen, und nach einem grossen Zeitintervalle aufhören, haben wir eine andauernde sich selbst corrigirende Atombewegung, welche den gewünschten Zweck erfüllt.

So ist es uns gelungen, von sehr einfachen durchaus naturgemässen Grundlagen ausgehend, alle diejenigen Bedingungen zu begründen, welche Le Sage zu seiner Theorie nothwendig hat.

Jedoch sind noch gewisse Annahmen über quantitative Beziehungen hinzuzunehmen. Zunächst muss angenommen werden, dass die mittlere Weglänge eines Aetheratomes eine überaus grosse ist. Wäre dieselbe nämlich klein, gegenüber der Entfernung zweier Himmelskörper, so würde zwischen denselben, durch die Zusammenstösse der Aetheratome unter einander, das normale im freien Aether existirende Verhältniss zwischen progressiver und innerer Bewegung nahezu wiederhergestellt, und daher die gegenseitige Schirmwirkung dieser Himmelskörper nahezu aufgehoben.

Die Tragweite der Schwerkraft wäre also durch die Weglänge der Atome bedingt, und das mag wohl als eine interessante Folgerung der Theorie erscheinen. Bei der Annahme also, dass die mittlere Entfernung der Sterne (die relativ nahe gestellten „Doppelsterne“ werden natürlich ausgeschlossen) gross ist im Verhältniss zur Weglänge der Atome, wäre die Folgerung daraus zu ziehen, dass die Sterne gegen einander nicht gravitiren — und dadurch würde anscheinend das Universum an Stabilität eher gewinnen als verlieren. Man sieht also, dass die mittlere Weglänge der Aetheratome gross sein muss gegenüber denjenigen Distanzen, für welche eine genaue Gültigkeit des Newton'schen Gesetzes erwiesen ist.

In einem Artikel in der *Encyclopaedia Britannica* 1875 (oder „*Scientific Papers*“, Bd. II., S. 476) erhebt Maxwell den Einwand, dass durch die Atomstösse die grobe Materie bis zur Weissgluth erhitzt werden müsste; er geht nämlich von dem

Satze aus, dass das Wärmegleichgewicht zwischen beliebigen Atomen die Gleichheit der mittleren lebendigen Kraft derselben erfordert. Nun ist aber der Druck, abgesehen von einem Zahlenfactor, gleich dem Producte der mittleren lebendigen Kraft L eines Atoms und der Anzahl N der Atome in der Volumeneinheit. Wenn also die mittlere lebendige Kraft eines Aetheratoms gleich sein sollte mit der lebendigen Kraft eines Moleküls grober Materie, welche wir für die gewöhnlichen Gase berechnen können, so müsste N für den Aether einen ganz enormen Werth haben, um den Gravitationsdruck erklären zu können. Nun sagt Maxwell: wir sind ziemlich gewiss, dass N für den Aether klein ist gegenüber dem Werthe derselben Grösse für die grobe Materie. Daraus schliesst er, dass es zur Erklärung des Gravitationsdruckes nothwendig ist, für den Aether L enorm gross anzunehmen. Und nach dem Satze, dass für das Wärmegleichgewicht, L für alle Moleküle gleich sein muss, würde hieraus folgen, dass L auch für die Moleküle grober Materie schliesslich einen Werth annehmen muss, der weit grösser ist als derjenige, den wir für Gase finden. Mit anderen Worten, dass alle grobe Materie durch die Aetherstösse zum Weissglühen erhitzt werden muss. Allein abgesehen davon, dass der citirte Satz über das Wärmegleichgewicht, namentlich für Moleküle von sehr verschiedener Grösse, noch bestritten wird, scheint mir durchaus kein zwingender Grund für die Annahme vorzuliegen, dass N für den Aether kleiner sei als für die grobe Materie. Man kann ja die Aetheratome von beliebiger Kleinheit denken, dann kann eine enorme Zahl derselben in der Volumeneinheit noch immer mit einer enorm grossen Weglänge vereinbart werden.

Man sollte überhaupt bei Aufstellung einer derartigen Theorie in der Annahme irgend einer sehr grossen oder sehr kleinen Zahl keine Unwahrscheinlichkeit erblicken. Unsere Abneigung gegen ungewöhnlich grosse oder ungewöhnlich kleine Zahlen beruht ja doch nur auf Gewohnheit, und verschwindet regelmässig, sobald die betreffende Theorie sich mehr eingebürgert hat.

Es existirt Feld genug im Raum, wenn nöthig für feineres Material, da unsere Begriffe in der Richtung der Kleinheit unbegrenzt sind, und je kleiner die Theilchen, desto schneller

ist ihre natürliche Bewegung, und desto intensiver der enthaltende Vorrath von verborgener Energie, auch desto weniger ist diese ganze Einrichtung mit unseren Sinnen wahrnehmbar. Die Effecte — „Gravitationseffecte“ genannt — entweichen dahingegen nicht unseren Sinnen, und von diesen grossartigen Wirkungen durch unseren Geist erdenken und folgern wir die unsichtbaren Ursachen, welche diesen Effecten zu Grunde liegen.

Es existirt offenbar ebenso wenig ein Hinderniss im Raume für beliebige Kleinheit, als für eine beliebige schnelle Bewegung, und gibt es Gründe dafür, dass die Schwerkraft sich jedenfalls mit grosser Geschwindigkeit fortpflanzen muss. Eben weil die normale Geschwindigkeit der Atome gross ist, kann die die Schwerkraft bedingende Materie verhältnissmässig sehr beschränkt in Quantität sein, und nichtsdestoweniger einen bedeutenden Druck ausüben. Die Atome dürften also sehr klein sein, fast Punkte, der langen Weglänge entsprechend. Die Analogie dieses Gravitationsmittels mit der gewöhnlich vorausgesetzten Structur (wenigstens im Princip) unserer Atmosphäre dürfte eine Empfehlung für die Theorie sein.

Ein weiterer Einwand Maxwell's, dass nach dieser Theorie die Gravitationswirkung nur durch einen enormen Aufwand äusserer Arbeit, welcher für das Universum verhängnissvoll wäre, erhalten werden könnte, trifft zwar die Le Sage-Thomson'sche Theorie, ebenso wie die später zu besprechenden Theorien von Isenkrahe und Bock, nicht aber die vom Verfasser aufgestellte, da ja nach letzterer Theorie die Erhaltung der Bewegung der Atome für den Aether ebenso wenig eines steten Arbeitsaufwandes bedarf, als in der gewöhnlichen Gastheorie die Erhaltung der progressiven Bewegung der Gasatome, und da auch die Schirmwirkung ohne jede Absorption von lebendiger Kraft erklärt wurde.

Der grosse Vorrath der lebendigen Kraft in den Aetheratomen ist ausserdem noch zur Erklärung der verschiedensten Naturerscheinungen von Nutzen, und es mag bemerkt werden, das man der Vermittelung eines Mediums auch anderweitig z. B. zur Erklärung der magnetischen und elektrischen Erscheinungen bedarf.

Es mag noch erwähnt werden, dass die Erklärung der

Schwerkraft den grossen Vortheil bietet, die Idee von zwei (inhärent verschiedenen) Arten der Materie — „ponderabel“ und „imponderabel“ — überflüssig zu machen. Die kleineren Atome im Weltraume gravitiren nicht, eben nur weil der die Schwere erzeugende Mechanismus doch nicht selbst den die Schwere verursachenden Bedingungen unterworfen werden kann. So verschwinden also die fast sich widersprechenden Eigenschaften von „ponderabel“ und „imponderabel“, welche man der Materie in arbitrarischer Weise verliehen hat, und wir haben deshalb keinen Grund zu glauben, dass die Atome im Weltraume sich von den groben Molekülen principiell anders als nur durch ihre Dimensionen unterscheiden sollten. Wie bei den abgeschaffenen zwei (inhärent verschiedenen) Arten von Materie, liegt die analoge Abschaffung von zwei Arten Energie — Energie mit Bewegung und Energie ohne Bewegung — sehr nahe, und es bliebe nur eine einzige Art von Energie übrig, nämlich die, welche ein sich bewegender Körper besitzt.

Eine andere wichtige quantitative Beziehung wird dadurch bedingt, dass die Schirmwirkung offenbar der der Atombewegung sich entgegengestellten Fläche, die Gravitationswirkung dagegen erfahrungsmässig der wirkenden Masse proportional ist. Um mit der Erfahrung in Einklang zu bleiben, müssen wir daher der Materie eine solche Structur beilegen, dass jene Fläche und die wirkende Masse einander proportional sind. Dies kann nur dadurch erreicht werden, dass wir der groben Materie eine sehr poröse Structur beilegen. Dadurch werden die Moleküle im Innern der Körper mit fast derselben Leichtigkeit durch die durchschwirrenden Atome erreicht, wie die äusseren Moleküle. Wenn man annimmt, dass die Menge des Materials im Moleküle, verglichen mit dem enthaltenen freien Raum, sehr klein ist, und nicht an eine überflüssige Verschwendung des Materials denkt, so genügt man der Proportionalität des Antriebs (Gravitation) mit der *Masse.*

Ueber den Krystallbau.

Schon Le Sage erkannte, dass zur Erklärung der Gravitation die Annahme einer derartigen lockeren Structur der Materie nothwendig ist. Lord Kelvin zieht eine eigenthümliche Consequenz aus derselben. Im *Philosophical Magazine*, Mai 1873, meint derselbe, dass es wahrscheinlich zu bedenken wäre, dass etwa zweiaxige Krystalle nicht nach allen Richtungen durch die Gravitationsatome gleich durchdringlich sein könnten. Wenn das so wäre, würden solche Krystalle einen (wenn auch sehr kleinen) Unterschied im Gewichte besitzen, je nachdem die eine oder die andere Axe vertical gerichtet ist. Hat man aber schon hinreichend empfindliche Versuche über diesen Punkt gemacht? Eine von mir im *Philosophical Magazine*, April 1880, betreffend diesen Krystallbau publicirte Arbeit dürfte hier noch erwähnt werden.

Ich habe die Vorstellung von dieser lockeren Structur noch weiter zu präcisiren versucht, so dass sie zur Erklärung der Cohäsion, Adhäsion und chemischen Verwandtschaft möglichst geeignet erscheint.

Man weiss wie Bienenzellen durch Druck geformt werden, und wie durch Druck elastische Sphären in kantige, etwa in hexagonalgestaltete Körper sich verwandeln lassen.

Wie gesagt, die Gravitationstheorie (und viele unabhängige Thatsachen) fordern, dass die Körpermoleküle eine offene Structur besitzen, der Leichtigkeit und Materialersparung auch entsprechend. Da Krystalle existiren, wird es als wahrscheinlich angenommen, dass die Körpermoleküle (deren offene Structur durch Drahtcuben und durch andere Figuren von Draht vielfach illustrirt werden) selbst die Gestalten der Krystalle darstellen.

Man braucht aber nicht anzunehmen, dass die Moleküle genau solche Gestalten besitzen, weil, wenn die einzelnen Moleküle für sich eine abgerundete Gestalt hätten, sie doch in eckige Formen gepresst werden müssten, sobald zwei oder mehr durch die Stösse der Aetheratome aneinander gedrückt würden. Nehmen wir die einfachste offene Structur, Ringe, zur Erläuterung, obgleich man gar nicht dabei annimmt, dass dies die einzige Grundform der Moleküle ist. Elastische

Moleküle von irgend einer sehr offenen Structur von drei Dimensionen würden wahrscheinlich der daraus gebildeten zusammengesetzten Krystallmasse eine grössere Stabilität verleihen.

Einfache elastische Ringe können sich dann durch Druck der Umfänge aneinander (wie es das Durchschwirren der sehr kleinen Atome bedingen würde), begreiflicher Weise in sechseckige, quadratische etc. Figuren verwandeln. Die Figur 1 mag einen solchen durch die Atombewegung verursachten Druckeffect darstellen, wobei elastische Ringe in Hexagonalkrystallform sich verwandeln. Die Cohäsion (wie jetzt vielfach vermuthet wird) ist nur die Gravitation[1] beim Contact. Nach diesen Betrachtungen ist leicht zu begreifen, dass elastische Krystallformen sich bisweilen in *Nicht*-Krystallformen verwandeln lassen; so verlieren einige Metalle durch das Walzen und Schmieden die krystallinische Structur und werden daher ausdehnbar, wie z. B. Eisen, Zink etc. Der krystallinische Schwefel kann z. B. bloss durch Wärme in eine Art Gummi-Schwefel übergehen. Es ist nämlich evident, dass die unregelmässige Anordnung der elastischen Moleküle einer Substanz, das Gleiten derselben übereinander begünstigt; während dahingegen die regelmässig angeordneten, an ihren extremen Kanten sich berührenden Moleküle (der Krystallstructur entsprechend) sich nicht ohne Zergliederung ausdehnen lassen, wie bei dem krystallisirten Gusseisen und anderen Metallen.

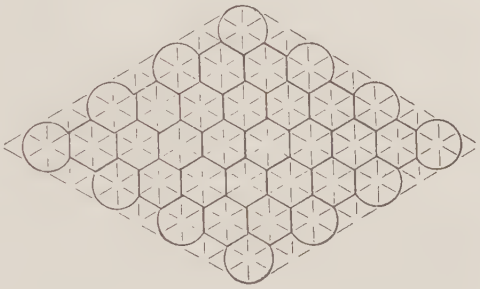

Fig. 1.

[1] Günstig für diese Ansicht mag die kürzlich von Prof. Dewar in London beobachtete Thatsache sein, dass die Cohäsion von Metalldrähten etc. sich nicht durch die Kälte von — 180° C. (flüssigen Sauerstoff) vermindere. Und natürlich könnte Erkaltung des Metalls keinen Einfluss auf die Atomströme haben.

Die relative Ungezwungenheit der Lösungen resp. des flüssigen Zustandes, kann für den Krystallbau günstig sein, während eine starke mechanische Revolution (wie beim Hämmern, Walzen etc.) die elastischen Moleküle zwingen kann, unregelmässig aneinander zu haften.

Wenn die elastischen Moleküle von sehr offener Structur sich unregelmässig nach allen Richtungen kreuzen, auch seitwärts in Schichten gelagert sind (wie das Walzen eines Metalls bedingt), so versteht es sich von selbst, dass eine nachträgliche Verschiebung der Moleküle, wie bei einer starken Tension des Metalls z. B., keine Trennung nothwendigerweise involvirt; sondern dass die Atomströme — der Natur der Ursache entsprechend — leicht von Neuem ein Anhaften der gleitenden Molecüle bewirken können. So verlängert sich z. B. allmählich eine gewalzte Eisenbarre durch eine Zugkraft. Im Gegentheil, da die Krystallstructur alles Gleiten der Moleküle ausschliesst, ist es in diesem Falle unmöglich für die Atomströme, ihren Druck auf neue Berührungsflächen fortzusetzen. Die versuchte Ausdehnung einer Gusseisenstange bedeutet daher natürlich eine Zergliederung der Moleküle. Eingehender will ich diese Betrachtungen hier nicht verfolgen. Sie lassen sich wohl weiter in Gedanken durchführen.

Nur mag noch nebenbei bemerkt werden, wie elastische Ringe, Fig. 2, sich zuerst bloss durch ihre Formelasticität abstossen können; und wie in Fig. 3, wenn die Moleküle mit Gewalt sich zu nähern gezwungen sind, dieses zur Folge hat, dass der Druck der Atomströme über die Formelasticität triumphirt, und die Moleküle sich enger anschliessen (was man „Anziehung“ nennt). In umgekehrter Weise können die Moleküle, wenn sie durch starke Tension auseinander gezogen sind, endlich nur vermittelst der Elasticität ihrer symmetrischen Gestalt von selbst plötzlich auseinander springen: wie z. B. „unzerbrechliches“ Glas in Staub zerfliegt, wenn nur das Gleichgewicht durch einen scharfen Stoss gestört wird. Auch im Allgemeinen betrachtet: Wenn man etwas zerbricht, vereinen sich die Stücke beim Contact nicht leicht von selbst wieder.

Fig. 2.

Fig. 3.

Durch die Formelasticität der elastischen Moleküle geschieht eine initiale Abstossung. Durch passende Annahmen über Dicke, Steifigkeit etc. dieser ringartigen Gebilde könnte wohl auch die Mannigfaltigkeit der chemischen Affinität der verschiedenen Atome erklärt werden.

Einige mögen wohl meinen, dass obige Betrachtungen zu einfach sind, um Wahrheit zu enthalten. Doch man wird mit Recht fragen, ob es nicht gerade die Einfachheit ist, die man im Allgemeinen im Mechanismus sucht? Die Auseinandersetzung mag wohl als eine initiale Erklärung von gewissen dunklen Thatsachen dienen, die sich weiter entwickeln mag.

Ueber die Elasticität der Moleküle (resp. Atome) betreffend, macht Lord Kelvin die folgende Bemerkung:

„Die moderne Theorie über die Conservation der Energie verbietet uns die Unelasticität oder irgend etwas weniger als die vollkommene Elasticität in den ultimen Molekülen der Materie (in der Welt oder im universalen Raume) als Thatsache anzunehmen.“ *Philosophical Magazine*, Mai 1873, S. 329.)

Der Begriff von elastischen Molecülen (der auch in treffender Weise durch spectroskopische Beobachtungen illustrirt wird) scheint, wie gesagt, ein für die Physik sehr praktischer Begriff zu sein, dessen man viel bedarf. Durch diese Annahme wird die unfassbare Idee von dem scharfen Stoss der „unendlich harten“ Moleküle vermieden. Der vollkommenen Elasticität wegen, vollziehen sich Bewegungen mit einer „Eleganz“ (Glattheit), wobei ein Zustand des Gleichgewichts der Bewegung in der Natur ermöglicht wird, welcher (ohne besondere Vorsicht) die Sinne wohl zu der Idee verleiten könnte, dass im sogenannten „Raume“ Alles in Ruhe sei.

Es ist bekannt beim Newton'schen Gravitationsgesetz, dass die Zunahme der Anziehung bei Abnahme der Entfernung eine so geringe ist, dass zwei massive Körperchen, wenn sie sich berühren, sich um so weniger anziehen, je kleiner sie sind, was man bei zwei sich berührenden Kugeln sofort einsieht, aber für anders gestaltete Körper ebenfalls beweisen kann. Schreibt man daher den Molekülen eine massive Structur zu, so müssen zur Erklärung der Cohäsion und chemischen Verwandtschaft Kräfte angenommen werden, welche mit Abnahme der Entfernung stärker anwachsen, als dieses dem Newton'-

schen Gravitationsgesetze entspricht. Dagegen wird die Anziehung zweier Cylinder von endlicher Länge und unendlichem kleinen Querschnitte, sobald sich dieselben berühren, unendlich gross. Man kann also bei der hier angenommenen lockeren Structur der Materie auch Cohäsion, Adhäsion und chemische Verwandtschaft erklären, ohne zu Kräften seine Zuflucht nehmen zu müssen, welche bei abnehmender Entfernung rascher an Intensität zunehmen, als das Newton'sche Gravitationsgesetz erfordert.

Die Theorie von Isenkrahe.

Zwei Jahre nach des Verfassers erster Publication erschien die Gravitationstheorie des Herrn Dr. Isenkrahe[1], welcher eine auf der kinetischen Gastheorie basirte Gravitationserklärung versucht, und in Deutschland sehr bekannt geworden zu sein scheint. Der Verfasser derselben macht keine Erwähnung von meiner Theorie, und ist sie wohl seiner Aufmerksamkeit damals entgangen.

Die Gravitationserklärung von Dr. Isenkrahe gründet sich auf dem unelastischen Stoss, was selbstverständlich die Vernichtung der Energie involvirt, wodurch das die Gravitation bedingende Gas nach einer gewissen (wenn auch langen) Zeit zur Ruhe kommen, mithin die Gravitation selbst aufhören würde.

In plausibler Weise genug bei dem ersten Anblick, verschmäht der Verfasser die Elasticität als eine *Qualitas Occulta*, die (wie er meint) einer Erklärung ebenso sehr bedarf, wie die Gravitation selbst. Es scheint aber unberücksichtigt gelassen zu sein, dass die Elasticität (beim Stosse der Molcküle) schon durch den aufgestellten Grundsatz über die Erhaltung der Energie und das Princip der Erhaltung des Schwerpunktes bewiesen ist. Die Erklärung der Elasticität ist eine tiefere, als die der Gravitation: und gehen wir daher von Stufe zu

[1] *„Das Räthsel von der Schwerkraft"* von Dr. C. Isenkrahe, Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1879.

Stufe in der Erläuterung vorwärts, ohne übereilig fortzuschreiten.

Alle Consequenzen der kinetischen Gastheorie sind auf der Annahme der Elasticität gebaut: die Anwendung dieses Princips auf die kleineren Theilchen ist dann als eine ganz natürliche und logische Folge zu betrachten. Sogar ist der Gravitationsdruck durch den Stoss elastischer Theilchen in ebenso vollendeter Weise *erklärt*, als der Luftdruck durch den Stoss solcher Theilchen (Moleküle). Nimmt man nur die beiden Principien der lebendigen Kraft und Erhaltung des Schwerpunktes als gültig an, so wird man sowohl dem Aether als auch den Gasmolekülen Elasticität beilegen müssen, unbekümmert um die weitere Erklärung des Wesens derselben.

Deshalb habe ich ohne Verzögerung als Thatsache die Elasticität auf Moleküle von offener Structur angewandt, was bedeutet, dass bei dem Stosse solcher Moleküle keine Energie vernichtet wird. Dr. Isenkrahe sieht die Körpermoleküle als absolut harte solide Sphären an, die, um die Gravitation durch Atomstoss zu erklären (bez. deren Proportionalität zu der Masse) weit voneinander entfernt sein müssen. Wie kann man sich eine (aus weit voneinander getrennten vollkommen starren Molekülen) zusammengesetzte Structur im Geiste vorstellen, welche nur einigermaassen Festigkeit und Stabilität besitzen soll? Ein solcher aus weit entfernten kugelförmigen Molekülen bestehender Körper könnte, wenn ausser der Gravitation keine anderen Kräfte beständen, sich höchstens wie ein Gas, aber nimmer wie ein fester oder tropfbarflüssiger Körper verhalten.

Im Gegentheil lassen sich elastische Moleküle von offener Form an ihren Grenzen miteinander verbinden, durch die Wirkung (Druck) der kleineren Atome, welche zur selben Zeit leicht durch den offenen Theil des Baues hindurchschwirren. Haben wir hier nicht wenigstens eine Basis für die Begriffe, worauf wir weiter zu bauen hoffen können?

Herr Isenkrahe giebt keine Grenzen für den Werth der mittleren Weglänge an, während es mir gerade ein sehr wesentlicher Punkt meiner Theorie zu sein scheint, dass die mittlere Weglänge gross gegenüber den planetarischen Entfernungen angenommen werden muss.

Ueber die Rechnungen, welche Herr Isenkrahe an seine

Theorie knüpft, äussert sich Herr Dr. A. M. Bock, der die Isenkrahe'sche Theorie zum Grunde seiner „Inaugural-Dissertation“ gemacht hat[1], folgendermaassen:

„Das Ziel und der Zweck vorliegender Aetheratomtheorie, nämlich die allgemeine Gravitation zu construiren, ist, wie schon in der Einleitung erwähnt, im *Räthsel von der Schwerkraft* nicht völlig erreicht. Es ist kein Ausdruck abgeleitet, von dem ausgehend man die Theorie weiter verfolgen könnte. Man sieht sich also gezwungen, im Sinne der Theorie einen, wenn auch nur einigermaassen strengen mathematischen Ausdruck für die Anziehung abzuleiten.“ (S. 18 unter dem Paragraphentitel: „*Die Anziehung zweier Körper*“.)

Ueber die Erweiterungen und Modificationen, welche die Rechnungen Herrn Isenkrahe's durch Dr. Bock erfuhren, erlaube ich mir kein Urtheil. Die Grundlagen derselben sind jedoch vollkommen unverändert und daher denselben Einwendungen offen; namentlich setzt er sich ebenfalls in Widerspruch mit dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft: was übrigens Herr Dr. Bock selbst zugiebt.

Hamburg, Mai 1894.

---

[1] Inaugural-Dissertation von Dr. A. M. Bock. Wolf & Sohn, München 1891.